

# ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ МОДУЛИРУЮЩЕГО СИГНАЛА ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО НИЗКОЧАСТОТНОГО ГЕНЕРАТОРА

Кипенский А. В., Король Е. И., Продченко Н. С.  
НТУ «ХПИ» ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, 61002

В последние годы в физиотерапии наметилась тенденция в использовании именно модулированных воздействий различными факторами физической природы [1]. Такой подход в значительной степени подавляет адаптационные и суммационные процессы в организме человека, что повышает эффективность терапевтического воздействия [2].

Модуляцию сигналов для физиотерапии можно представить, как периодическое изменение состояния сигнала, которое характеризуется определенной совокупностью амплитудно-частотно-временных параметров. При этом переход сигнала от одного стационарного (квазистационарного – для гармонических и импульсных сигналов) состояния к другому может сопровождаться изменением одного или нескольких параметров по линейному или по нелинейному законам. В работе [3] теоретически обоснована возможность создания универсального низкочастотного генератора, позволяющего формировать различные виды сигналов для физиотерапии.

Выходной сигнал такого генератора получают путем модуляции исходного гармонического сигнала с помощью частотного, амплитудного и амплитудно-импульсного модуляторов. Для формирования модулирующих сигналов предусмотрены специальные формирователи. В простейшем случае модулирующий сигнал для модуляторов универсального генератора содержит четыре участка (см. рис. 1). Из них

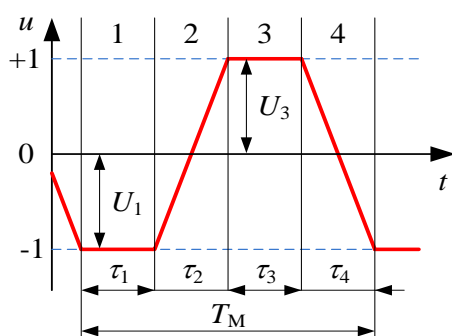


Рисунок 1 – Модулирующий сигнал

два стационарных (1 и 3) и два переходных (2 и 4). Уровень напряжения на каждом из стационарных участков может изменяться от  $-1$  В до  $+1$  В. Варианты комбинаций уровней напряжений на стационарных участках сведены в табл. 1. Анализ таблицы показывает, что не все из рассмотренных вариантов имеют смысл. Вариант 5 не позволяет обеспечивать переход сигнала из одного состояния в другое.

Таблица 1. Комбинации значений напряжений на стационарных участках

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_1$	$< 0$	$< 0$	$< 0$	$0$	$0$	$0$	$> 0$	$> 0$	$> 0$
$U_3$	$< 0$	$0$	$> 0$	$< 0$	$0$	$> 0$	$< 0$	$0$	$> 0$

Кроме этого, ряд пар вариантов (2–4; 3–7; 6–8) оказывается тождественно эквивалентными. Таким образом, с учетом комбинаций значений уровней напряжений на стационарных участках, для формирования модулирующего сигнала можно использовать только пять из девяти возможных вариантов, при условии, что  $U_1 \neq U_3$ .

Длительность каждого из стационарных ( $\tau_1$  и  $\tau_3$ ) и переходных ( $\tau_2$  и  $\tau_4$ ) участков может изменяться в диапазоне от 0 до  $T_M$ , где  $T_M$  – период модуляции, но при этом всегда должно выполняться условие  $\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 = T_M$ . На практике значения длительностей участков удобнее задавать, как некоторую часть периода модуляции. В таблице 2 приведены комбинации некоторых сочетаний длительностей стационарных и переходных участков модулирующих сигналов. При этом длительности временных интервалов приняты кратными  $0,25T_M$  только для наглядности, в реальных условиях они могут быть любыми в пределах допустимых значений.

Таблица 2. Длительности временных интервалов стационарных и переходных участков модулирующих сигналов

Варианты сигналов	Длительности временных интервалов			
	$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$	$\tau_4$
$u_1(t)$	0,5	0	0,25	0,25
$u_2(t)$	0,5	0,25	0,25	0
$u_3(t)$	0,5	0	0,5	0
$u_4(t)$	0,5	0	0	0,5
$u_5(t)$	0,5	0,5	0	0
$u_6(t)$	0,5	0,25	0	0,25
$u_7(t)$	0	0	0	1
$u_8(t)$	0	1	0	0
$u_9(t)$	0	0,5	0	0,5

На рис. 2 приведены диаграммы модулирующих сигналов  $u_1(t)$ – $u_9(t)$ , временные параметры которых соответствуют табл. 2. Уровни сигнала  $U_{min}$  и  $U_{max}$  изображены на рисунке без учета их полярности и конкретных значений, которые могут быть заданы любыми в допустимом диапазоне изменения.

В сигнале  $u_1(t)$  (см. рис. 2, а) длительность первого переходного участка  $\tau_2 = 0$ , это приводит к формированию прямоугольного фронта у импульсов модулирующего сигнала. Для формирования прямоугольного среза достаточно задать равной нулю длительность второго переходного участка  $\tau_4 = 0$  (см. рис. 2, б). При условии  $\tau_2 = \tau_4 = 0$  модулирующий сигнал будет иметь прямоугольную форму (рис. 2, в).

В том случае если задать равными нулю пары временных интервалов  $\tau_2 = \tau_3 = 0$  или  $\tau_3 = \tau_4 = 0$ , получим пилообразные модулирующие импульсы, чередующиеся с паузами (рис. 2, г, д). Если задать равным нулю

длительность только третьего временного интервала  $\tau_3 = 0$ , то получим треугольные модулирующие импульсы, чередующиеся с паузами (рис. 2, е).

Для получения пилообразных или треугольных модулирующих импульсов без пауз достаточно задать равными нулю длительности стационарных участков  $\tau_1 = \tau_3 = 0$  (см. рис. 2, ж-з).

Использование рассмотренных принципов формирования модулирующих сигналов позволяет формировать физиотерапевтические воздействия самой разнообразной формы.

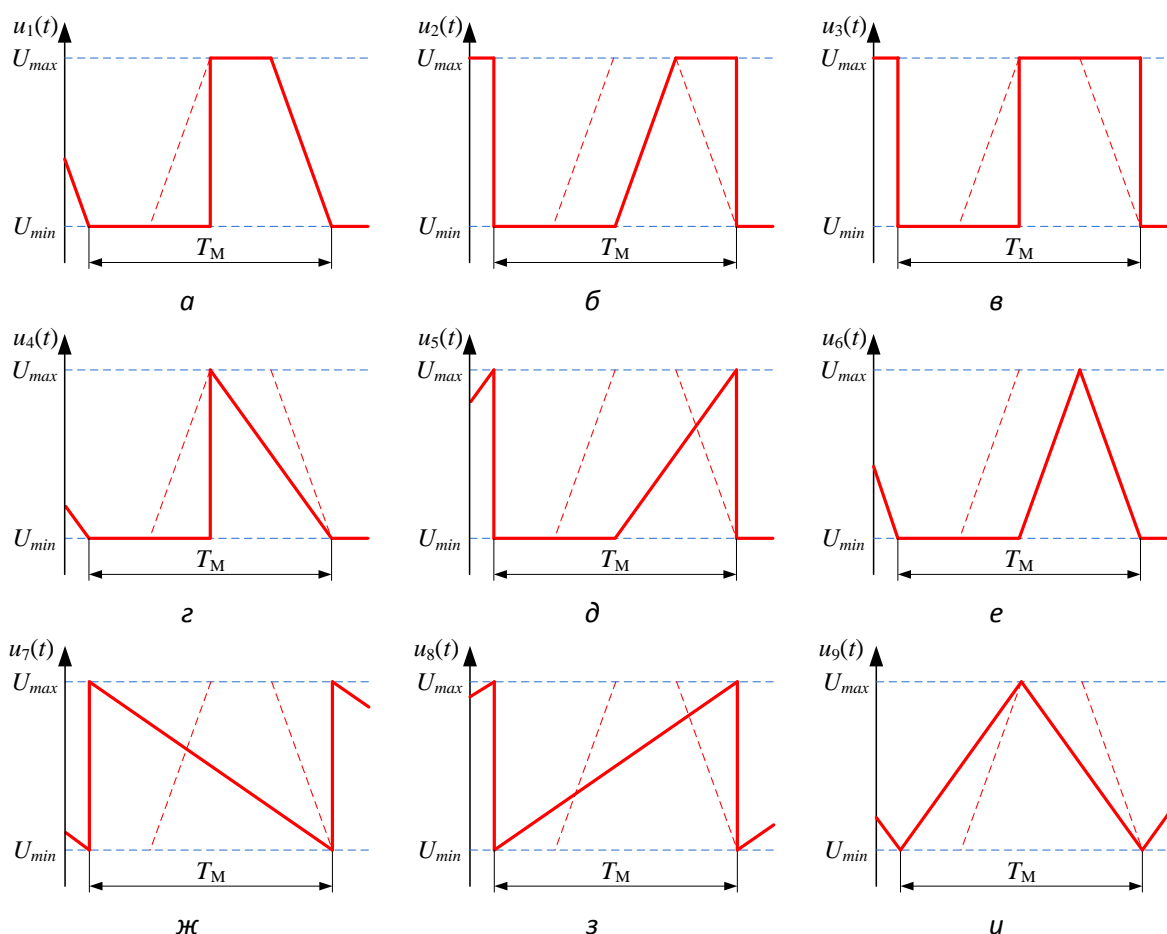


Рисунок 2 – Варианты модулирующих сигналов, полученных при изменении длительностей стационарных и переходных участков

### Список литературы

1. Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия. – М.: Медицина, 1999. – 432 с.
2. Улащик В.С., Лукомский И.В. Общая физиотерапия. – Мн.: Интерпрессервис; Книжный дом, 2003. – 512 с.
3. Кипенский А.В., Король Е.И. Теоретическое обоснование возможности создания универсального низкочастотного генератора сигналов для электротерапии // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – № 26(1302). – Т. 1. – С. 86-94.